



TITLE:

内空変位計測による長大海底トンネルの健全性評価に関する研究(Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

深沢, 成年

CITATION:

深沢, 成年. 内空変位計測による長大海底トンネルの健全性評価に関する研究. 京都大学, 2017, 博士(工学)

ISSUE DATE:

2017-03-23

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.r13090>

RIGHT:

京都大学	博士（工学）	氏名	深沢成年
論文題目	内空変位計測による長大海底トンネルの健全性評価に関する研究		
<p>（論文内容の要旨）</p> <p>本論文は、トンネル周辺地盤の透水性低下に伴う覆工コンクリートの応力状態やトンネル周辺の水圧分布の変化を数値解析するとともに、覆工コンクリートの内空変位や応力、さらにはひずみの挙動を分析することにより、長大海底トンネルの健全性を評価し、内空変位計測により健全性のするものであり、7章からなっている。</p> <p>第1章は序論であり、本研究の目的や背景、論文の構成等について述べている。</p> <p>第2章では、本研究に関連する過去の研究や文献を調査しその内容を要約している。</p> <p>第3章では、青函トンネルの構造や設計の考え方、施工について概説している。また、開業後長年にわたり実施されている様々な計測の目的や計測方法、計測結果を概説している。その中で、青函トンネルでは周辺地山への注入により最大 2.4MPa の水圧を直接覆工コンクリートに作用させないようにしていること、海底部の湧水量が 1988 年の毎分 11.0t から 2014 年の毎分 7.6t まで徐々に減少していること、内空変位は多くの断面で緩やかに増加していること、2 断面で実施した覆工コンクリートの応力計測ではいずれも設計基準強度よりも小さく、同断面で採取したコアの強度は設計基準強度を大きく上回っていることなどが示されている。</p> <p>第4章では、青函トンネルの坑内湧水量が減少している現状に着目し、周辺地盤の透水性低下に伴う覆工コンクリートの力学的挙動を数値解析により検討することで、将来にわたる健全性の評価を行っている。周辺地盤の透水性変化のパターンとして、注入域の一部において透水性の低下するケース、非注入域の一部において透水性が低下するケース、注入域全体において透水性が低下するケースの3つのケースを想定し、覆工コンクリートに生じる応力状態の変化や周辺地盤の応力状態、塑性領域の変化を調べた結果、どのケースにおいても湧水量の減少によって覆工コンクリートの健全性に影響を与える問題は生じないという結論が得られている。</p> <p>第5章では、青函トンネルにおいて維持管理のために開業以来実施されている内空変位計測および覆工コンクリートの応力計測の結果を整理、分析している。さらに、内空変位の現状値と累積変位量の将来予測値の差分より想定される開業 100 年後の応力を推定し、トンネルの健全性について以下の結果が得られている。</p> <p>(1)内空変位については、8%の断面で 2mm 以上の内空変位が認められ、わずかながら増大しているたが、92%の計測断面では 2 mm 以内と小さい。また、急激な進行も認められていない。</p> <p>(2)内空変位量が比較的大きい 2 断面において覆工コンクリートの応力測定を実施した結果、現時点の各測点の最大主応力は圧縮で、すべてがトンネルの円周方向となっていることから、覆工コンクリート全体がアーチ構造として機能している。また、覆工コンクリートの応力はいずれも設計基準強度を大きく下回り、同断面におけるコアの強度は設計基準強度を大きく上回っている。以上から覆工コンクリートは健全である。</p>			

京都大学	博士（工 学）	氏名	深 沢 成 年
<p>(3) 覆工コンクリートの今後の内空変位の増分予測から今後の覆工コンクリート応力の増分を予測した結果、開業 100 年後に生じると推定される応力は覆工コンクリートの強度に比べても小さく、将来にわたり十分に健全性が保たれる。</p> <p>以上のことから、他の計測断面と同様に内空変位計測を継続し、現状の内空変位量のそれまでの傾向に大きな変化が生じていないことを確認することにより、覆工コンクリート応力の増分も小さいと想定できることから健全性を評価することができる。</p> <p>上述の維持管理方法は、青函トンネルでこれまで行われてきた内空変位計測等の膨大な計測データに基づいて得られたものである。これらの計測データは現状を分析するだけでなく、将来のトンネルの健全性を予測するうえでも非常に有益なものであり、今後とも計測を継続していくことが、海底トンネルの健全性の評価を行うために、また維持管理における種々の検討をするために有効である。</p> <p>第 6 章では、覆工コンクリートのひずみの周期的な挙動に影響を与えている要因を分析することで、覆工コンクリートの健全性への影響について評価している。その結果、坑内気温と潮汐による影響が明らかとなり、その中でも、気温の変動がひずみの変動に与える影響が比較的大きいことが分かった。気温によるひずみの変動によって生じる応力は 0.4MPa 程度であり、これは第 5 章で述べた覆工コンクリートの強度と比較しても十分に小さい。また、潮汐による変動はこれよりも小さく、今後、潮汐力が大きくなる懸念もない。そのため、地震防災システムにおけるひずみ計測の役割は依然として重要であるものの、通常の維持管理においては、これらの変動は考慮せず、内空変位量による確認を続けていくことでトンネルの健全性を評価することができるとしている。</p> <p>第 7 章は結論であり、本論文で得られた成果について要約している。</p>			

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、トンネル周辺地盤の透水性低下に伴う覆工コンクリートの応力状態やトンネル周辺の水圧分布の変化を数値解析するとともに、覆工コンクリートの変位や応力、さらには、ひずみの挙動を分析することにより、長大海底トンネルの健全性を評価するものであり、その主な成果は次のとおりである。

1. 青函トンネルの湧水量が減少している現状に着目し、周辺地盤の透水性低下に伴い覆工コンクリートに生じる応力状態の変化やトンネル周辺の水圧分布の変化について数値解析を行った。その結果、想定した3つのケースいずれの場合であっても湧水量の減少によって覆工コンクリートの健全性に影響を与える問題は生じない。
2. 長年にわたる内空変位計測と覆工コンクリートの応力計測の関係を分析するとともに、内空変位計測のこれまでの推移の傾向から開業100年後の変位量を予測し、その変位量に対する覆工コンクリートの応力を分析した。その結果、現時点においては覆工コンクリート全体がアーチ構造として機能しており、覆工コンクリートは健全な状態である。また、今後想定される内空変位の増分から将来の覆工コンクリート応力は圧縮強度以下であると想定された。
3. 覆工コンクリートひずみの周期的な挙動は、坑内気温と潮汐による影響があり、そのうち坑内気温による影響が比較的大きいことが分かった。しかし、坑内気温によるひずみの変動によって生じる応力は0.4Mpa程度で、覆工コンクリートの強度と比較しても十分小さい。また、潮汐による変動はこれよりも小さく、今後坑内気温や潮汐の変動が大きくなる懸念もない。そのため、トンネルの健全性を評価するにあたってこれらの変動を考慮する必要はない。
4. 湧水量計測と内空変位計測を今後とも継続して実施していくことで、トンネル周辺の注入域の状況の把握、覆工コンクリートの応力状態の把握など、長大海底トンネルの特殊性に基づく維持管理上の重要な項目についても把握することができる。

以上、本論文は、湧水量計測と内空変位計測を継続し、その計測値の推移や変動を確認していくことで、長大海底トンネルの健全性を評価できることを示したものであり、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成29年1月23日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。